

RAPPORT UIT-R M.2045

Techniques de limitation des brouillages à appliquer pour assurer la coexistence entre des technologies d'interface radioélectrique duplex à répartition dans le temps ou en fréquence pour IMT-2000 dans la gamme de fréquences 2 500-2 690 MHz fonctionnant dans des bandes adjacentes et dans la même zone géographique

(2004)

1 Domaine d'application

Le présent Rapport traite des techniques permettant d'améliorer la compatibilité entre des technologies d'interface radioélectrique duplex à répartition dans le temps (DRT) ou duplex à répartition en fréquence (DRF) pour systèmes IMT-2000 fonctionnant dans des bandes de fréquences adjacentes et dans la même zone géographique. Les auteurs du Rapport UIT-R M.2030 ont analysé et présenté les résultats des conséquences des brouillages par le canal adjacent sur la compatibilité entre systèmes DRF et systèmes DRT exploités dans la bande 2 500-2 690 MHz, pour toute une série de scénarios. Ils ont identifié plusieurs scénarios dans lesquels la coexistence entre réseaux DRT et réseaux DRF était problématique en raison des brouillages station de base-station de base (BS-BS) ou station mobile-station mobile (MS-MS). Le présent Rapport traite des techniques, dans le cadre de classifications bien précises, permettant de limiter ce type de brouillage et donc d'améliorer la coexistence entre réseaux mobiles DRT et DRF exploités dans des bandes de fréquences adjacentes et dans la même zone géographique. Le présent Rapport décrit les améliorations plus ou moins importantes que ces différentes techniques permettent d'apporter.

Les interfaces radioélectriques IMT-2000 suivantes fonctionnant dans la bande 2 500-2 600 MHz sont examinées dans le présent Rapport:

DRF: AMRC IMT-2000 à étalement direct: (AMRC-LB ou UTRA DRF)

DRT: DRT AMRC IMT-2000 (UTRA DRT) avec ses deux modes:

- DRT avec débit d'éléments élevé HCR (3,84 Mélément/s) et
- DRT avec débit d'éléments peu élevé (LCR, 1,28 Mélément/s) appelé également AMRCS-RT.

Cela étant, les techniques de limitation des brouillages décrites dans le présent Rapport peuvent aussi s'appliquer plus généralement à d'autres bandes de fréquences et à d'autres interfaces radioélectriques DRT ou DRF. Ces techniques apportent des solutions aux problèmes identifiés dans le Rapport UIT-R M.2030 et utilisent des hypothèses qui cadrent avec celles qui ont été faites dans ce même Rapport. Lorsque ces hypothèses ne sont pas valables pour tel ou tel scénario de déploiement, l'amélioration apportée peut être plus ou moins importante. La présente étude n'est pas exhaustive et il peut exister d'autres techniques non analysées et signalées ici susceptibles de faciliter la coexistence de systèmes DRT et de systèmes DRF dans les bandes de fréquences adjacentes.

2 Introduction et résumé

Des études antérieures ont permis de montrer que les brouillages peuvent être importants dans certains scénarios station de base-station de base BS-BS (qu'elles soient situées sur le même emplacement ou exploitées dans la même zone géographique) ainsi que dans des scénarios station mobile-station mobile MS-MS dans lesquels les interruptions auront des conséquences sur le niveau de service pour l'utilisateur. Ces études portaient sur des systèmes duplex à répartition dans le temps DRT et duplex à répartition en fréquence DRF fonctionnant sur des fréquences adjacentes dans la bande des 2,5 GHz. Des paramètres représentatifs ont été utilisés pour chaque scénario et aucune mesure précise n'a été prise pour limiter ce type de brouillage. Ces études sont décrites dans le Rapport UIT-R M.2030 – Coexistence de technologies d'interface radioélectrique de Terre à duplex à répartition dans le temps et à duplex à répartition en fréquence IMT-2000 autour de 2 600 MHz, appliquées dans des bandes adjacentes et dans une région géographique commune.

Le présent Rapport identifie un certain nombre de techniques qui peuvent être utilisées pour limiter les brouillages entre systèmes DRT et systèmes DRF fonctionnant sur des fréquences adjacentes. Il indique si ces techniques peuvent s'appliquer aux scénarios décrits dans le Rapport UIT-R M.2030 où il peut y avoir des risques de brouillage et analyse les avantages qu'elles peuvent apporter. Les critères d'évaluation utilisés dans le présent Rapport sont les mêmes que ceux décrits dans le Rapport UIT-R M.2030, à savoir les distances de séparation requises et/ou les critères d'isolement, la taille des cellules, la perte de capacité et la probabilité de brouillage.

Le Rapport indique également comment chaque technique particulière de limitation des brouillages peut être utilisée, qui l'utilisera (le vendeur ou l'opérateur) et si une action coordonnée est nécessaire dans les réseaux DRT et les réseaux DRF.

Pour que les systèmes DRT et les systèmes DRF puissent coexister dans des bandes de fréquences adjacentes, il faudra peut-être utiliser une ou plusieurs de ces techniques de limitation des brouillages pour résoudre les problèmes de brouillage BS-BS et MS-MS. Le présent Rapport précise également les contraintes que telle ou telle technique de limitation des brouillages peut imposer au déploiement de ces réseaux et quelles incidences elles pourraient avoir sur la complexité des systèmes et/ou sur la qualité de fonctionnement des réseaux.

Certaines des caractéristiques des réseaux IMT-2000 exploités dans la bande de fréquences 2 500-2 690 MHz seront vraisemblablement différentes des hypothèses qui ont été faites dans l'analyse décrite dans le présent Rapport et dans le Rapport UIT-R M.2030. Le présent Rapport donne des informations permettant d'évaluer plus facilement et d'optimiser, pour les scénarios décrits dans le Rapport UIT-R M.2030, le compromis entre, d'une part, les avantages et les inconvénients de chaque technique de limitation des brouillages et, d'autre part, l'utilisation de bandes de garde et/ou d'un plus grand espacement géographique entre les cellules.

Le présent Rapport décrit un ensemble de techniques de limitation des brouillages qui sont utiles pour faciliter la coexistence entre les systèmes DRT et les systèmes DRF. Chaque technique décrite permettra de limiter les brouillages mais ne règlera pas nécessairement complètement le problème. Il faudra vraisemblablement mettre en œuvre simultanément plusieurs techniques de limitation des brouillages pour obtenir une qualité de fonctionnement satisfaisante.

Les conséquences de la mise en œuvre d'une technique de limitation des brouillages particulière décrite dans le présent Rapport sont évaluées au regard des scénarios identifiés et décrits dans le Rapport UIT-R M.2030. Il se peut que ces scénarios ne correspondent pas toujours aux scénarios de déploiement réels et il faut être prudent lorsque l'on transpose les résultats de ces scénarios à des scénarios différents. En outre, étant donné la nature de la propagation des ondes radioélectriques dans la réalité, l'analyse s'appuie largement sur des simulations et une analyse statistique et pas uniquement sur une analyse déterministe du cas le plus défavorable ou du cas le plus favorable.

Outre les techniques de limitation des brouillages, le présent Rapport décrit aussi des mécanismes inclus dans les spécifications des systèmes DRT ou DRF pour IMT-2000 qui permettent eux aussi de limiter les brouillages.

3 Examen de travaux antérieurs connexes

Le Rapport UIT-R M.2030 traite de la coexistence entre les technologies d'interface radioélectrique DRT et DRF pour systèmes IMT-2000 dans la gamme de fréquences 2 500-2 690 MHz fonctionnant dans des bandes adjacentes et dans la même zone géographique. Il examine plus précisément les caractéristiques de brouillage entre les interfaces IMT-2000 AMRC à étalement direct (AMRC-LB ou UTRA DRF) et DRT AMRC (UTRA DRT) avec ses deux modes, débit d'éléments élevé (HCR, 3,84 Mélément/s) et débit d'éléments peu élevé (LCR, 1,28 Mélément/s). Aux fins de l'analyse, on suppose que les systèmes DRT et les systèmes DRF fonctionnant à 2,5 GHz ont des caractéristiques analogues à celles des systèmes AMRC-LB et DRT HCR/LCR, comme défini dans les références, [5, 6, 7 et 8].

Le Rapport UIT-R M.2030 analyse et présente les résultats des conséquences du brouillage par le canal adjacent sur la comptabilité entre les systèmes DRF et les systèmes DRT, pour un certain nombre de scénarios. Cette étude se fonde sur les calculs déterministes effectués dans des scénarios BS-BS pour déterminer la distance de séparation requise et/ou les critères d'isolement ou la taille des cellules. Les brouillages causés par des stations mobiles à d'autres stations mobiles ou à des stations de base sont analysés au moyen de calculs déterministes et de calculs statistiques qui permettent d'établir la perte de capacité et/ou la probabilité de brouillage. Les conclusions du Rapport reflètent uniquement les études faites dans ce Rapport.

Le Rapport UIT-R M.2030 ne traite pas des améliorations que pourraient apporter certaines techniques de limitation des brouillages, comme les études techniques du site, l'amélioration des équipements, l'utilisation d'antennes adaptatives, etc. Ces techniques de limitation des brouillages font l'objet du présent Rapport.

4 Sujets traités dans le présent Rapport

4.1 Liste de scénarios

- BS-BS, AMRC-LB DRT
- Macro-macro (visibilité directe)
- Macro-micro (véhicules)
- Micro-micro (visibilité directe)
- Micro-micro (piétons)
- MS-MS.

4.2 Liste des techniques de limitation des brouillages par classes

- Méthodes liées aux spécifications
- Qualité de fonctionnement des équipements (le fournisseur améliorant la qualité de fonctionnement des équipements)
- Etude technique du site pour un seul site
- Relation de déploiement entre les différents sites.

4.3 Paramètres pris pour hypothèse pour les systèmes IMT-2000 dans le présent Rapport

L'analyse faite dans le Rapport UIT-R M.2030 et dans le présent Rapport a été fondée sur les spécifications des systèmes DRF et des systèmes DRT figurant dans les références [5, 6, 7 et 8]. Ces spécifications ne comprennent pas les critères applicables à la gamme de fréquences 2 500-2 690 MHz. Toutefois, pour les besoins de l'analyse, des hypothèses ont été faites concernant les critères pour la gamme de fréquences 1 900-2 170 MHz.

Il est possible que les critères applicables à la bande 2 500-2 690 MHz pour les paramètres liés à la coexistence entre les systèmes DRF et les systèmes DRT soient différents de ceux applicables à la gamme de fréquences 1 900-2 170 MHz en raison des progrès de la technologie et des fréquences d'exploitation plus élevées.

5 Techniques de limitation des brouillages: brève description de leurs caractéristiques et des améliorations qu'elles peuvent apporter

5.1 Emplacement du site

5.1.1 Brève description

L'emplacement du site est une technique de limitation des brouillages qui ne s'applique que pour les scénarios micro-macro dans lesquels on suppose que la microstation est placée sur un toit et la macrostation dans la rue, et où la différence de hauteur entre les antennes est importante. Conséquence, le couplage entre des microstations de base qui sont proches d'une macrostation de base sera réduit. Les avantages résultent des diagrammes verticaux des antennes de la macrostation de base et de la microstation de base. Toutefois, lorsqu'il n'y a pas de visibilité directe, les améliorations peuvent être limitées.

5.1.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Il s'agit d'une technique de déploiement qui est indépendante de la technologie.

5.1.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

La technique sera mise en œuvre par l'opérateur de la microstation de base.

5.1.4 Incidences et avantages comparés

Cette technique tire parti du fait que les stations de base, selon leur type, sont placées à des endroits différents (sur un toit ou dans la rue). Les avantages ne sont pleinement réalisés que pour les macrostations de base situées à proximité de la microstation de base (environ à moins de 50 m) et en principe plus l'espacement entre macrostations de base et microstations de base est important, plus l'isolement supplémentaire nécessaire sera faible.

5.2 Espacement entre les antennes

5.2.1 Brève description

Il est possible de réduire le couplage entre deux antennes situées sur le même site en espaçant de quelques mètres les antennes verticalement, horizontalement, ou dos à dos.

Aux fins de la planification du réseau, le chiffre largement accepté pour l'affaiblissement de couplage dans le cas d'antennes situées sur le même site et non coordonnées est de 30 dB. Les valeurs de l'affaiblissement de couplage peuvent être plus élevées lorsque les trois types d'espacement décrits ci-dessus sont possibles (voir le § 5.2.2). Des améliorations sont possibles si

l'on utilise uniquement les diagrammes d'antenne sans tenir compte des éventuels effets d'écran ou de l'absorption par les matériaux.

5.2.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Il s'agit d'une technique de déploiement qui est indépendante de la technologie.

5.2.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

Une coordination est nécessaire entre les deux réseaux implantés sur le site de la cellule et fonctionnant sur des fréquences adjacentes.

5.2.4 Incidences et avantages comparés

Le choix de l'emplacement pour l'installation des antennes est dicté par des considérations concrètes liées à l'étude technique du site comme l'espace disponible, les accords de location, les fils coaxiaux, les lois de zonage, etc. Il ne sera pas possible de maintenir la distance de séparation appropriée entre les antennes pour toutes les stations de base situées sur un même site. Par conséquent, les gains ne seront pas pleinement réalisés en tout point du réseau.

Il faut également tenir compte pour l'installation des antennes de paramètres comme la zone de couverture cible, les brouillages entre systèmes et le schéma de réutilisation des fréquences.

5.3 Polarisation des antennes

5.3.1 Brève description

Il est possible d'avoir un isolement supplémentaire entre deux antennes de station de base à polarisation rectiligne en utilisant des polarisations orthogonales. Par exemple, avec une polarisation verticale pour une antenne et une polarisation horizontale pour l'autre, on peut réduire le couplage entre elles. L'effet de couplage se mesure par une caractéristique d'antenne appelée découplage par polarisations croisées (XPD, *cross polar discrimination*).

Un scénario possible de mise en œuvre de cette technique serait le cas de deux antennes de stations de base à proximité immédiate l'une de l'autre, éventuellement en visibilité directe. L'affaiblissement sur le trajet pourrait être insuffisant pour avoir l'isolement nécessaire pour une exploitation dans le canal adjacent ou dans un canal de remplacement, mais l'isolement supplémentaire lié à l'utilisation d'une polarisation orthogonale à celle de l'antenne de la station brouilleuse pourrait être une solution. A noter que l'isolement supplémentaire entre les antennes lié au découplage par polarisations croisées sera obtenu si les deux antennes se trouvent dans la configuration la plus défavorable, c'est-à-dire couplage faisceau principal-faisceau principal en visibilité directe, lorsque l'isolement est le plus nécessaire.

5.3.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Il s'agit d'une technique de déploiement qui est indépendante de la technologie.

5.3.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

Une décision coordonnée doit être prise pour les deux réseaux fonctionnant sur des fréquences adjacentes.

5.3.4 Incidences et avantages comparés

Cette technique ne peut être utilisée si l'un ou l'autre réseau utilise une diversité de polarisation.

5.4 Antennes adaptatives

5.4.1 Brève description

Les antennes adaptatives peuvent être définies comme «des antennes-réseaux capables de changer leur diagramme de façon dynamique pour s'adapter au bruit, au brouillage et à la propagation par trajets multiples» [9]. On utilise ce type d'antennes pour améliorer la puissance du signal reçu et aussi éventuellement pour former des faisceaux pour la transmission. Cela étant, l'avantage direct de l'utilisation d'antennes adaptatives sur la coexistence est lié au fait que l'énergie RF rayonnée par des antennes réseaux est à la fois plus faible que celle rayonnée par des antennes classiques pour une même p.i.r.e. et circonscrite dans des régions limitées bien précises d'une cellule, donc ne se dissipe pas sur des secteurs étendus.

5.4.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Les antennes adaptatives sont incluses dans la norme AMRCS-RT pour systèmes IMT-2000 et peuvent également être utilisées avec d'autres technologies IMT-2000.

5.4.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

Cette technique peut être intégrée dans le matériel et le logiciel des stations de base ou être ajoutée à une autre station de base par ailleurs classique. Dans le cas où la technique est intégrée, la station de base aura dû être conçue de façon à pouvoir utiliser des antennes-réseaux adaptatives et le traitement spatial devra être une fonction intégrante du système. Dans le cas contraire, il faudra l'aide du vendeur de la station de base et du vendeur du système d'antennes adaptatives.

5.4.4 Incidences et avantages comparés

On utilise généralement des systèmes avec antennes adaptatives pour améliorer la capacité et la couverture du réseau, ce qui permet de mieux utiliser le spectre disponible. Les antennes adaptatives peuvent également être utilisées pour obtenir des extinctions de lobes dans certaines directions (ce point n'est pas examiné dans le présent Rapport) afin de réduire la vulnérabilité d'une station de base aux brouillages des stations de base d'autres systèmes. Dans un cas comme dans l'autre, le fait d'utiliser des antennes adaptatives pour assurer la coexistence des systèmes limitera vraisemblablement les avantages en termes de capacité et de couverture qu'apportent généralement ces antennes.

5.5 Améliorations des émetteurs et/ou des récepteurs

5.5.1 Brève description

Dans le cas d'un brouillage BS-BS, on peut utiliser le filtrage ou la «linéarisation» ou les deux pour réduire les rayonnements non désirés causés par une station de base à une autre et ainsi réduire les brouillages que subit la station brouillée. De manière analogue, l'application d'un filtrage au niveau du récepteur permet de réduire le brouillage dans la bande que subit la station de base brouillée. Lorsque le brouillage global est réduit, les stations de base peuvent fonctionner tout en étant plus proches l'une de l'autre et avec une puissance admissible au niveau de l'émetteur plus élevée, tout en maintenant le niveau de brouillage souhaité.

5.5.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Comme indiqué au § 4.3.6, les spécifications des technologies AMRC à étalement direct et AMRC DRT pour systèmes IMT-2000 dans la gamme de fréquences 2 500-2 690 MHz peuvent prévoir des limites plus strictes que celles qui ont été prises pour hypothèse dans l'analyse effectuée dans le cadre du Rapport UIT-R M.2030 ou du présent Rapport. Elles peuvent également comporter

des critères facultatifs concernant l'emplacement lorsque les systèmes DRF et les systèmes DRT partagent un même site.

La station de base pourrait également être conçue de façon à dépasser la qualité de fonctionnement définie dans les spécifications.

5.5.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

Si un filtrage supplémentaire est utilisé lors de la mise en œuvre, ce sera uniquement aux fréquences auxquelles sont exploités les deux réseaux mais il pourra être mis en œuvre par les opérateurs ou par les vendeurs.

Selon les exigences définies dans les normes au moment du déploiement, la limitation des brouillages sera peut-être plus efficace si la technique est mise en œuvre de façon coordonnée dans les émetteurs du réseau brouilleur et les récepteurs de l'autre réseau.

5.5.4 Incidences et avantages comparés

Cette technique peut être mise en œuvre sur tous les sites dans un réseau (sans les contraintes liées à l'installation des antennes) mais elle est un peu plus complexe pour les stations de base (linéarité des amplificateurs et/ou utilisation de filtres). Pour un degré de complexité et un affaiblissement d'insertion du filtre donnés, la limitation des brouillages sera meilleure pour un réseau monoporteuse que pour un réseau multiporteuse.

5.6 Commande de puissance DRT

5.6.1 Brève description

La commande de puissance sur la liaison descendante d'un système DRT fait partie intégrante de la norme DRT et elle est utilisée pour accroître la capacité du système. Outre l'augmentation de la capacité du système, la commande de puissance peut aussi améliorer l'immunité aux brouillages sur la liaison descendante car la station de base peut adapter la puissance qu'elle rayonne en direction d'une station mobile brouillée. En particulier, grâce à la commande de puissance, il est possible d'augmenter la puissance du signal rayonné vers la station mobile du système DRT afin de contrer le brouillage sur la liaison montante d'une station mobile d'un système DRF fonctionnant sur une fréquence adjacente. La commande de puissance peut être utilisée pour tous les types de cellule (picocellule, microcellule ou macrocellule).

5.6.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

La technique fait partie intégrante de toutes les technologies IMT-2000.

5.6.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

La technique est mise en œuvre par le vendeur.

5.6.4 Incidences et avantages comparés

Des simulations ont permis de montrer que cette technique peut être une solution efficace au brouillage MS-MS dans de nombreux scénarios. Toutefois, lorsque les stations DRT et les stations DRF sont très proches les unes des autres (moins de quelques mètres), il se peut que les avantages ne soient pas toujours suffisants pour éviter une interruption de service dans certaines parties de la cellule (par exemple, au bord de la cellule ou à l'intérieur de bâtiments) ou lorsque la station mobile DRF commence soudainement à émettre. L'utilisation de la commande de puissance permet non seulement de limiter les brouillages MS-MS mais aussi de réduire le brouillage général entre cellules dans le cas de systèmes AMRC. Elle n'entraîne aucun coût supplémentaire.

5.7 Transfert intercellulaire

5.7.1 Brève description

Le transfert a été intégré dans les systèmes mobiles de type cellulaire essentiellement pour faciliter la mobilité, mais avantage inattendu, il permet d'assurer le maintien de la qualité de fonctionnement du système en présence de dégradations dans le canal RF. Automatiquement, la station mobile bascule sur une bande de fréquences, un canal RF, un intervalle de temps ou autres, correspondant aux capacités, au type et aux règles de déploiement du système et, ainsi, le système a la possibilité de choisir un meilleur canal.

La technique du transfert, même si elle n'a pas été conçue pour limiter les brouillages, peut dans certains cas constituer une solution indirecte. Cet avantage inattendu du transfert peut être utile dans certains cas mais ne saurait être considéré comme le principal moyen ou la principale méthode de limitation des brouillages, en particulier dans le cas d'un brouillage extérieur. Quoiqu'il en soit, l'efficacité du transfert intercellulaire dans des scénarios de brouillage et son éventuelle utilisation sont dictées par un juste équilibre entre les avantages obtenus et les inconvénients qui en découlent.

5.7.2 Intégration dans une technologie IMT-2000

Le transfert entre porteuses DRT est obligatoire pour les stations mobiles. Il fait partie intégrante de tout déploiement de systèmes DRT LCR pour IMT-2000 et peut être utilisé par les opérateurs dans le cas de systèmes DRT HCR pour IMT-2000 lorsque l'opérateur exploite plus d'une seule porteuse ou lorsque le transfert entre technologies d'accès radioélectrique (DRF ou DRT) est possible. La commande du mode d'échappement peut être configurée par les opérateurs de réseaux lors de l'établissement des listes de voisinages des cellules.

5.7.3 Indication de qui mettra en œuvre la technique

La prise en charge du mécanisme est typique pour la station mobile dans le cas d'un transfert entre canaux et facultative dans le cas d'un transfert entre technologies d'accès radioélectrique. Dans ce dernier cas, la mise en œuvre doit être assurée par le vendeur de la station mobile. En outre, la technique doit être mise en œuvre par l'opérateur.

5.7.4 Incidences et avantages comparés

L'efficacité du transfert intercellulaire dans des scénarios de brouillage et son éventuelle utilisation sont dictées par un juste équilibre entre les avantages obtenus et les inconvénients qui en découlent pour le système. Par exemple, le recours au transfert pour éviter un canal qui subit un brouillage défavorable constant peut atténuer l'incidence du brouillage pour l'utilisateur final mais n'est pas efficace pour éliminer le brouillage causé par le système et rétablir ce canal dans un état où il peut acheminer le trafic. Par conséquent, la capacité du système se détériore lorsque l'on essaie de limiter les incidences du brouillage. La dégradation de la capacité est plus ou moins grande selon l'intensité du brouillage et de la zone qui est affectée. Il peut également y avoir des cas où le transfert ne peut pas être mené à bon terme car il est impossible de recevoir des commandes de réseau.

Par conséquent, le transfert doit être considéré comme un moyen d'assurer la poursuite du fonctionnement à un niveau acceptable du système en présence de brouillage, étant entendu qu'il y a d'autres conséquences pour le système.

Le transfert entre différents types de réseaux (utilisant différentes technologies d'accès radioélectrique) dépend de l'existence de terminaux bimodes, de la compatibilité des applications multimédias et de la disponibilité de spectre. Le transfert n'est pas une technique d'élimination des brouillages mais peut être envisagé comme moyen de limitation des brouillages.

5.8 Inclinaison de l'antenne vers le bas

L'inclinaison de l'antenne vers le bas n'est pas considérée comme une technique de limitation des brouillages à part entière dans le présent Rapport.

5.8.1 Brève description

Il peut y avoir un phénomène de couplage important entre deux antennes de station de base macro (antennes de toit) qui sont pointées en direction l'une de l'autre. Lors de la planification des cellules, le faisceau principal de chacune des antennes est souvent incliné vers le bas pour améliorer la qualité de fonctionnement du réseau. L'isolement entre les deux antennes est en général amélioré de quelques dB.

5.9 Commande de puissance dans un système DRF

La commande de puissance dans un système DRF n'est pas considérée comme technique de limitation des brouillages à part entière dans le présent Rapport.

5.9.1 Brève description

La commande de puissance sur la liaison descendante d'un système DRF fait partie intégrante de la norme DRF et elle est utilisée pour accroître la capacité du système. Outre l'augmentation de la capacité du système, la commande de puissance permet aussi d'améliorer l'immunité aux brouillages sur la liaison descendante car la station de base peut adapter la puissance qu'elle rayonne vers une station mobile brouillée. En particulier, grâce à la commande de puissance, il est possible d'augmenter l'intensité du signal rayonné vers la station mobile du système DRF afin de contrer le brouillage causé par une station mobile DRT (liaison montante) fonctionnant sur une fréquence adjacente, mais il y a une perte de capacité. La commande de puissance peut être utilisée avec des picocellules, des microcellules ou des macrocellules. Les conséquences de la commande de puissance DRF n'ont pas été examinées dans le présent Rapport.

Classification sous forme de tableau des techniques et méthodes de limitation des brouillages

	Nom de la technique	Méthodes liées aux spécifications	Qualité de fonctionnement de l'équipement (le fournisseur améliorant la qualité de fonctionnement de l'équipement)	Etude technique du site pour un seul site	Relation entre les différents sites
Scénarios BS-BS					
1	Espacement: Emplacement du site			X	X
2	Espacement: Espacement des antennes			X	
3	Espacement: Polarisation des antennes				X
4	Antennes adaptatives:	X pour AMRCS-RT	X pour DRT		
5	Améliorations de l'émetteur/du récepteur: Filtrage supplémentaire		X	X	
6	Améliorations de l'émetteur/du récepteur: Techniques de linéarisation		X		
Scénarios MS-MS					
7	Commande de puissance DRT et attribution dynamique des canaux:	X (fait déjà partie intégrante de la norme)	X		
8	Utilisation du transfert intercellulaire:	X (fait déjà partie intégrante de la norme)			

7 Evaluation sous forme de tableau des améliorations possibles et applicabilité

	Nom de la technique	Macro-macro (visibilité directe)	Macro-micro (véhicules)	Micro-micro (visibilité directe)	Micro-micro (piétons)	MS-MS
1	Espacement: Emplacement du site	Sans objet	Amélioration de moins de 17 dB pour les véhicules L'avantage obtenu à 50 m sera vraisemblablement de 17 dB au maximum, valeur égale à la valeur crête du gain d'antenne	Sans objet	Sans objet	Sans objet
2	Espacement: Espacement entre les antennes: ⁽¹⁾ – Vertical – Horizontal – Dos à dos	La valeur de référence de l'affaiblissement de couplage lorsque des antennes partagent un même site ou un même mât est de 30 dB ⁽²⁾ . Il n'est pas toujours possible de coordonner des systèmes partageant le même emplacement entre opérateurs en concurrence. Toutefois, si la coordination est possible, on obtiendra un isolement supplémentaire compris entre 15 et 40 dB pour les deux antennes adjacentes. Dans des conditions de déploiement réelles où il peut y avoir plusieurs antennes brouilleuses on peut obtenir une limitation des brouillages de 10 à 15 dB supérieure à la valeur de référence standard de 30 dB	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet

	Nom de la technique	Macro-macro (visibilité directe)	Macro-micro (véhicules)	Micro-micro (visibilité directe)	Micro-micro (piétons)	MS-MS
3	Espacement: Polarisation des antennes	Les possibilités d'application sont limitées à des cas particuliers et l'amélioration qu'il est possible de réaliser est de l'ordre de quelques dB	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
4	Antennes adaptatives:	L'utilisation d'antennes adaptatives permet de réduire le niveau moyen du brouillage mesuré à la station de base brouillée d'un facteur fonction du nombre d'éléments du réseau (par exemple, 10 dB pour une antenne réseau de 10 éléments). Ces antennes ne permettent pas nécessairement de réduire le niveau de crête du brouillage que subit la station de base brouillée, mais elles réduisent de façon significative la probabilité d'occurrence de ce brouillage et la probabilité globale d'interruption du service	L'utilisation d'antennes adaptatives permet de réduire le niveau moyen du brouillage mesuré à la station de base brouillée d'un facteur fonction du nombre d'éléments du réseau (par exemple, 10 dB pour une antenne réseau de 10 éléments). Ces antennes ne permettent pas nécessairement de réduire le niveau de crête du brouillage que subit la station de base brouillée, mais elles réduisent de façon significative la probabilité d'occurrence de ce brouillage et la probabilité globale d'interruption du service	L'utilisation d'antennes adaptatives permet de réduire le niveau moyen du brouillage mesuré à la station de base brouillée d'un facteur fonction du nombre d'éléments du réseau (par exemple, 10 dB pour une antenne réseau de 10 éléments). Ces antennes ne permettent pas nécessairement de réduire le niveau de crête du brouillage que subit la station de base brouillée, mais elles réduisent de façon significative la probabilité d'occurrence de ce brouillage et la probabilité globale d'interruption du service	L'utilisation d'antennes adaptatives permet de réduire le niveau moyen du brouillage mesuré à la station de base brouillée d'un facteur fonction du nombre d'éléments du réseau (par exemple, 10 dB pour une antenne réseau de 10 éléments). Ces antennes ne permettent pas nécessairement de réduire le niveau de crête du brouillage que subit la station de base brouillée, mais elles réduisent de façon significative la probabilité d'occurrence de ce brouillage et la probabilité globale d'interruption du service	Sans objet

	Nom de la technique	Macro-macro (visibilité directe)	Macro-micro (véhicules)	Micro-micro (visibilité directe)	Micro-micro (piétons)	MS-MS
6	Améliorations de l'émetteur/du récepteur ⁽⁴⁾ : Techniques de linéarisation de l'amplificateur de puissance (résultats pour une station de base monoporteuse) Canal adjacent (dB) 1er canal de remplacement (dB)	ACLR 18 13	ACLR 18 13	ACLR 18 13	ACLR 18 13	Sans objet
7	Régulation de puissance dans un système DRT: – DRT picocellule, – DTR macrocellule	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Cela peut suffire pour éliminer les brouillages MS-MS dans de nombreux scénarios. Toutefois, lorsque les stations DRT et les stations DRF sont très proches les unes des autres (moins de quelques mètres) l'avantage obtenu n'est pas nécessairement toujours suffisant pour éviter une interruption de service dans certaines parties de la cellule (par exemple, au bord de la cellule ou à l'intérieur de bâtiments) ou lorsque la station mobile DRF commence brusquement à émettre

	Nom de la technique	Macro-macro (visibilité directe)	Macro-micro (véhicules)	Micro-micro (visibilité directe)	Micro-micro (piétons)	MS-MS
8	Utilisation d'un transfert entre canaux ou entre réseaux	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Lorsque cette possibilité existe, elle réduit la probabilité ou élimine la possibilité de brouillage MS-MS dans le sens DRT → DRF ou DRF → DRT. Toutefois, dans certains cas, il se peut que le transfert ne puisse pas être mené à bien car il est impossible de recevoir des commandes du réseau

- ⁽¹⁾ On utilise généralement pour la planification du réseau une valeur de 30 dB pour l'affaiblissement de couplage minimal (MCL, *minimum coupling loss*), mais on peut obtenir ces valeurs plus élevées lorsqu'il y a suffisamment d'espace et que les conditions nécessaires sont réunies. Les paramètres qui ont été utilisés pour calculer les valeurs données dans le Tableau sont les suivantes:
- espacement vertical: deux antennes sectorielles, de 90°, polarisation verticale, gain de 16 dBi, avec un espacement vertical d'environ 2 m;
 - espacement côte à côte: deux antennes sectorielles, de 90°, polarisation verticale, gain de 16 dBi, avec un espacement horizontal d'environ 4 à 6 m;
 - espacement dos à dos: deux antennes sectorielles, de 90°, polarisation verticale, gain de 16 dBi, avec des distances de séparation dos à dos dans le plan horizontal comprises entre 1 et 1,5 m.
- ⁽²⁾ La raison d'être de cette valeur particulière est indiquée dans la norme 3GPP TR 25.942.
- ⁽³⁾ Exemple pour un filtre à cavité de huit sections fonctionnant à 2,6 GHz; ce filtre a été élaboré à partir d'un filtre disponible sur le marché, fonctionnant à 1,9 GHz, avec une bande passante nominale de 5 MHz et un affaiblissement d'insertion d'environ 2 dB.
- ⁽⁴⁾ Ces valeurs correspondant aux valeurs de base 3GPP de 45 dBc et 55 dBc, respectivement pour le canal adjacent et le canal de remplacement.

8 Conclusions

Le Rapport UIT-R M.2030 portait sur la coexistence entre interfaces radioélectriques DRT et DRF pour systèmes IMT-2000 fonctionnant dans des bandes de fréquences adjacentes et dans la même zone géographique, entre 2 500 et 2 690 MHz. Plusieurs scénarios BS-BS et MS-MS dans lesquels le brouillage constitue un problème grave ont été identifiés.

Le présent Rapport traite des techniques permettant d'améliorer la compatibilité entre les deux interfaces radioélectriques pour les scénarios problématiques décrits dans le Rapport UIT-R M.2030. La mise en œuvre de ces mécanismes permettrait de réduire, voire dans certains cas de supprimer, la bande de garde et/ou les distances d'isolement qui sinon pourraient s'avérer nécessaires.

Le présent Rapport a permis d'identifier un certain nombre de techniques susceptibles de limiter sensiblement les brouillages entre les réseaux DRT et les réseaux DRF dans les scénarios considérés. L'utilisation d'une seule technique ne permettra pas d'éliminer tous les brouillages dans tous les scénarios, mais, l'utilisation conjuguée de plusieurs techniques peut être efficace pour limiter les brouillages entre les systèmes DRT et les systèmes DRF dans de nombreuses situations. La mise en œuvre de certaines de ces techniques nécessite un déploiement coordonné des réseaux. Certaines techniques ne sont valables que pour des scénarios bien précis et/ou doivent être mises en œuvre par le fabricant des stations de base. Ces techniques de limitation des brouillages pourront toutefois être prises en considération pour déterminer si des bandes de garde sont nécessaires entre les deux systèmes.

Les résultats dont il est fait état dans le présent Rapport sont fondés sur les spécifications 3GPP en vigueur pour la bande des 2 GHz. Le présent Rapport pourra faciliter l'élaboration de spécifications pour la bande 2 500-2 690 MHz.

Annexe 1

Informations supplémentaires pour l'emplacement du site

1 Discussion

La présente Annexe décrit les hypothèses qui ont été faites pour déterminer les avantages, en termes de limitation des brouillages, liés au fait d'installer les antennes à des hauteurs différentes par rapport au sol. Cette stratégie est très courante dans le cas d'un déploiement hiérarchique multicouche en zones urbaines, c'est-à-dire que les équipements pour macrocellules sont placés sur les toits et ceux pour microcellules à quelques mètres au-dessus du sol (au niveau de la rue).

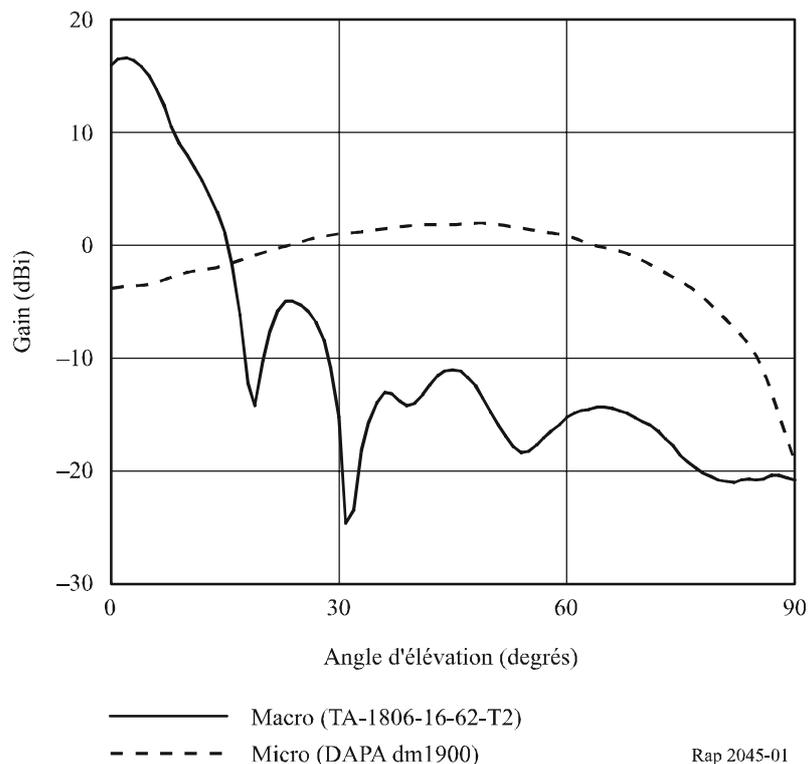
Les avantages dépendent des diagrammes de rayonnement des antennes des macrostations et des microstations ainsi que des caractéristiques de propagation entre ces antennes, à savoir visibilité directe ou non. Les deux situations sont possibles mais l'absence de visibilité directe est beaucoup plus vraisemblable. Le Rapport UIT-R M.2030 porte donc sur le modèle de propagation pour véhicules, avec un espacement entre les antennes de 50 m. Les antennes des macrostations et celles des microstations sont directives dans le plan vertical. Toutefois, en raison du faible gain de l'antenne de la microstation et de sa proximité avec d'autres objets, cette antenne est pratiquement équidirective et peut être ignorée.

Dans le cas d'une propagation en visibilité directe, on suppose que les avantages dépendent du diagramme d'antenne précis de la macrostation ainsi que de l'emplacement exact des antennes l'une par rapport à l'autre (dans le plan vertical et dans le plan horizontal). On a utilisé une antenne disponible sur le marché, présentant un angle d'inclinaison vers le bas de 2 à 3° (voir la Fig. 1) à titre d'exemple. Cette antenne assure une réduction de l'affaiblissement de couplage (par rapport au centre du faisceau) d'environ 23 dB à 50 m pour une différence de hauteur entre les antennes de 25 m. Même s'il n'est pas uniforme, cet avantage décroît en général avec la distance et il est pour ainsi dire nul à l'angle d'inclinaison vers le bas de l'antenne ou à proximité de celui-ci.

Dans le cas d'une propagation sans visibilité directe, il est plus prudent de supposer que les zéros du diagramme de l'antenne seront «remplis» par les signaux réfléchis et donc d'utiliser l'enveloppe du diagramme d'antenne. Si l'on fait les mêmes hypothèses que dans le cas d'une propagation en visibilité directe, l'avantage apporté en termes de réduction de l'affaiblissement de couplage, en l'absence de visibilité directe, a été fixé à 17 dB.

FIGURE 1

Exemple de diagrammes d'antenne (macro-micro)



2 Modèle de propagation

Espace libre:

$$PL_{dB} = 38,1 + 20 \log_{10}(d \text{ (m)})$$

Véhicules: (adapté pour 2,6 GHz et une antenne placée à 15 m au-dessus d'un toit moyen)

$$PL_{dB} = 130,5 + 37,6 \log_{10}(d \text{ (km)})$$

Annexe 2

Informations supplémentaires pour l'espacement entre les antennes

1 Effets de l'espacement entre les antennes

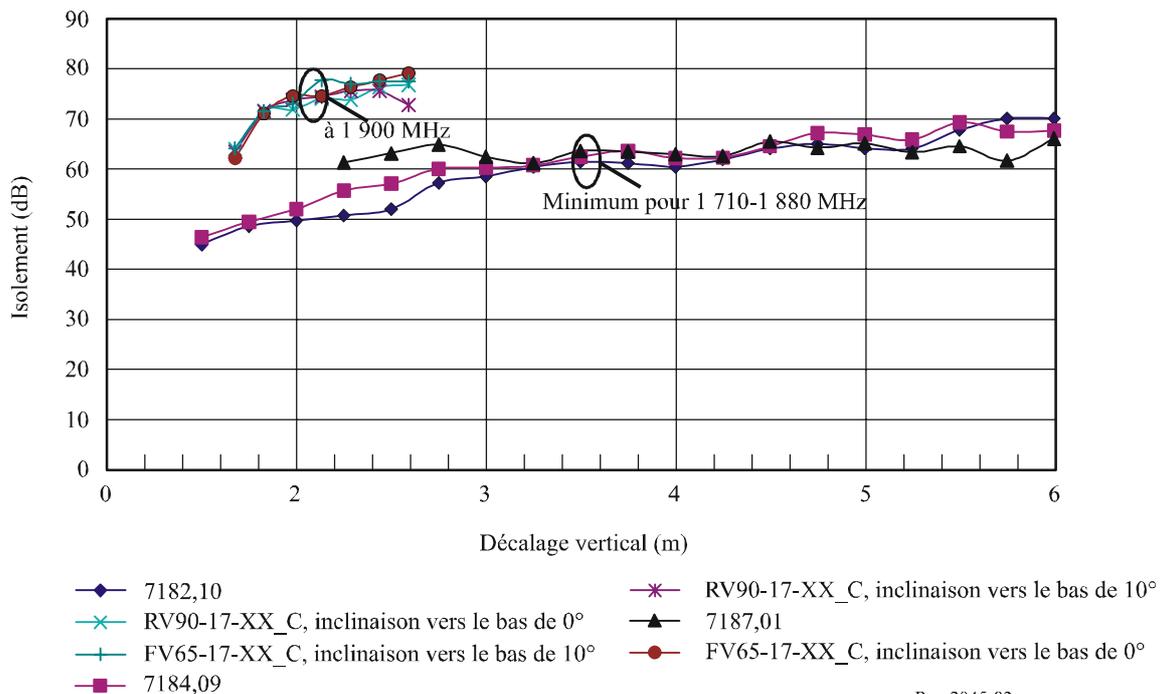
La valeur de 30 dB communément admise pour le MCL, en l'absence de coordination pour le déploiement des réseaux, a été calculée à partir du scénario où les deux antennes sont fixées sur des pylônes distincts, à moins de 10 m l'une de l'autre. Cette valeur a également été utilisée dans le Rapport UIT-R M.2030. Le fait d'installer les antennes sur le même pylône peut faire augmenter l'affaiblissement de couplage. L'importance de cette augmentation dépend de l'orientation des antennes l'une par rapport à l'autre et de leur espacement. Les configurations verticale, horizontale et dos à dos ont été examinées et font augmenter sensiblement l'affaiblissement de couplage. On estime que la configuration dos à dos n'est pas pragmatique dans des conditions de déploiement réalistes. Les diverses mesures effectuées par plusieurs compagnies ont fait apparaître que l'amélioration était de 15 à 40 dB supérieure à la valeur du MCL dans un scénario sans coordination, pour un espacement de quelques mètres (mesuré à partir du centre des antennes). On se reportera à la Fig. 2 pour avoir une série de mesures dans une configuration d'espacement vertical.

Dans de nombreux cas toutefois, plusieurs antennes (par exemple, pour une installation sectionnée) seront positionnées sur le même pylône de hauteur limitée, ce qui réduira l'amélioration, laquelle ne sera que de 10 à 15 dB par rapport à la valeur du MCL sans coordination des réseaux.

FIGURE 2

Exemples d'isolement d'antenne avec décalage vertical

(La Fig. 2 montre la qualité de fonctionnement d'antenne disponible sur le marché, aux environs de 2 GHz)



Annexe 3

Conséquences de l'utilisation d'antennes adaptatives

Etant donné qu'il a été établi dans le Rapport UIT-R M.2030 que le brouillage entre macrostations de base DRT et macrostations de base DRF était le cas le plus problématique, la présente analyse porte sur ce cas, à la fois pour les zones rurales et les zones urbaines. En règle générale, toutes les hypothèses faites pour calculer les niveaux de brouillage ainsi que les hauteurs d'antenne, le rapport ACLR, le rapport ACS, les largeurs de bande de canal, la sensibilité du récepteur, etc., sont conformes à [1]. Le diagramme de rayonnement et le gain de l'antenne-réseau adaptative sont donnés ultérieurement dans ce paragraphe. Compte tenu de ces paramètres, on obtient également sur la base du Rapport UIT-R M.2030 le niveau maximal acceptable du brouillage extérieur.

1 Informations générales

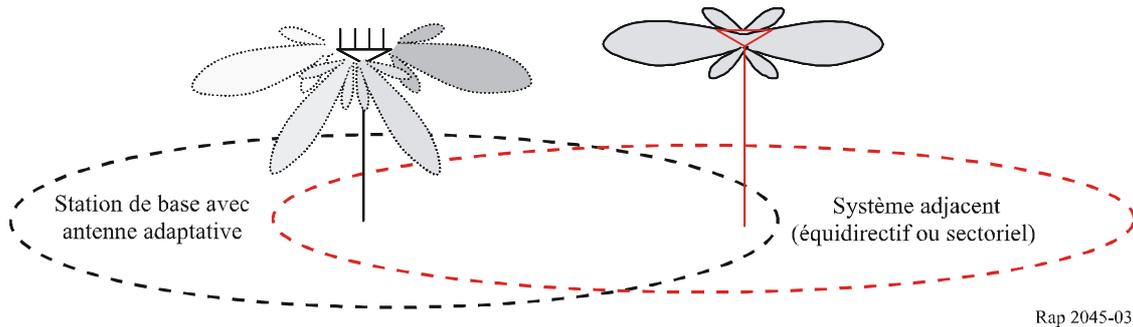
L'utilisation d'antennes adaptatives influe de diverses manières sur un système hertzien; grâce à une combinaison cohérente des signaux entrants, on obtient des gains de diversité importants qui permettent de lutter contre les évanouissements non corrélés entre plusieurs antennes et de limiter voire de supprimer les brouillages. Une antenne-réseau adaptative comportant M éléments peut annuler $M - 1$ brouilleurs. Dans l'analyse considérée, on a supposé que cette capacité de l'antenne-réseau n'était utilisée que pour lutter contre les brouillages à l'intérieur du réseau. Il n'est pas tenu compte de cette capacité dans les simulations pour les brouillages entre réseaux. On trouvera dans le Rapport UIT-R M.2040 – Antennes adaptatives et principales caractéristiques techniques d'autres informations générales sur les systèmes d'antenne adaptatifs.

L'avantage direct lié à l'utilisation d'antennes adaptatives pour ce qui est de la coexistence des réseaux est que l'énergie RF rayonnée par des antennes-réseaux est, d'une part, inférieure à celle qui serait rayonnée par des antennes classiques, pour une même p.i.r.e. et une même densité d'utilisateurs et, d'autre part, circonscrite dans des régions limitées bien précises de la cellule et ne se dissipe pas sur des secteurs étendus. Etant donné que les utilisateurs sont répartis dans la cellule, l'antenne-réseau adaptative pointera vraisemblablement ses faisceaux en direction des emplacements où sont situés les utilisateurs, ce qui diminuera la probabilité de brouillage causé ou subi par d'autres stations (voir la Fig. 3).

En général, les spécifications 3GPP prévoient l'utilisation d'antennes adaptatives qui peuvent être mises en œuvre de différentes façons par chaque vendeur d'équipement. Pour les résultats présentés ici, on suppose que la formation de faisceaux se fait sur les canaux spécialisés pour les communications entre les stations de base DRT et les mobiles dans la zone de couverture de la cellule correspondante et pour la transmission équidirective sur le canal de diffusion. D'autres techniques, non décrites ici, donneront peut être de meilleurs résultats.

FIGURE 3

La répartition dans le temps et l'espace des faisceaux de l'antenne-réseau adaptative permet de réduire la probabilité de brouillage



2 Modèles de propagation

Pour les macrocellules, le modèle d'affaiblissement sur le trajet ci-après est recommandé dans [1].

$$L = 40(1 - 4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \log_{10}(R) - 18 \log_{10}(\Delta h_b) + 21 \log_{10}(f) + 80 + FM \quad (1)$$

où:

FM : marge de protection contre les phénomènes d'occultation obéissant à une distribution log normale, avec un écart type de 10 dB

f : fréquence (MHz)

Δh_b : hauteur de l'antenne de la station de base au-dessus d'un toit moyen

R : distance (km).

On utilise plusieurs modèles de propagation pour réaliser les simulations de coexistence. Le Rapport UIT-R M.2030 utilise un modèle à double pente [3] dans le cas d'un brouillage entre stations de base avec macrocellules. Ce modèle est formulé par l'équation (2) pour 2,6 GHz.

$$L_{LoS} = \begin{cases} 40,7 + 20 \log_{10}(d) & \text{pour } 1 \leq d \leq d_{break} \\ 40,7 - 20 \log_{10}(d_{break}) + 40 \log_{10}(d) & \text{pour } d \geq d_{break} \end{cases} \quad (2)$$

$$d_{break} = \frac{4h_{tx}h_{rx}}{\lambda}$$

Dans l'équation (2), h_{tx} et h_{rx} sont respectivement la hauteur de l'antenne de l'émetteur et la hauteur de l'antenne du récepteur au-dessus d'un toit moyen, λ est la longueur d'onde, d est la distance entre l'émetteur et le récepteur et d_{break} est le point de transition associé à la première zone de Fresnel, toutes ces valeurs étant exprimées en mètres. On notera que pour des hauteurs d'antenne types au-dessus d'un toit et pour la gamme de fréquences considérée pour les technologies IMT-2000, ce modèle donne les mêmes résultats que pour l'espace libre en visibilité directe, pour la plupart des distances de déploiement.

3 Analyse déterministe sans antennes adaptatives

Compte tenu du rapport de brouillage dans le canal adjacents (ACIR, *adjacent channel interference ratio*), il est possible de calculer comme suit la distance de séparation requise dans le cas d'une station de base DRT brouillant une station de base DRF, sans utilisation d'antennes adaptatives.

La puissance moyenne en sortie de la station de base DRT, y compris le facteur d'activité du système DRT (supposé égal à 0,5), est la suivante:

$$P_{ave} = P_{tx} - 3 = 43 - 3 = 40 \quad \text{dBm}$$

Le gain total résultant, dans l'hypothèse où les antennes des deux stations de base sont alignées en utilisant leurs faisceaux de gain maximal, sans inclinaison vers le bas (cas le plus défavorable), est le suivant:

$$G = G_{tx} + G_{rx} = 15 + 15 = 30 \quad \text{dBi}$$

Compte tenu des valeurs de ACLR et de ACS données dans le Tableau 1:

$$ACIR = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\frac{1}{10^7} + \frac{1}{10^{4,6}}} \right) = 45,98 \approx 46 \quad \text{dB}$$

L'affaiblissement sur le trajet requis, dans l'hypothèse d'un brouillage par le canal adjacent admissible de -114 dBm, est calculé comme suit:

$$L = P_{ave} + G - ACIR - I = 40 + 30 - 46 - (-114) = 138 \quad \text{dB} \quad (3)$$

En utilisant le modèle de propagation donné par l'équation (2), on obtient pour un affaiblissement sur le trajet de 138 dB, une valeur de 9 541 m pour la distance de séparation requise, ce qui est tout à fait prohibitif.

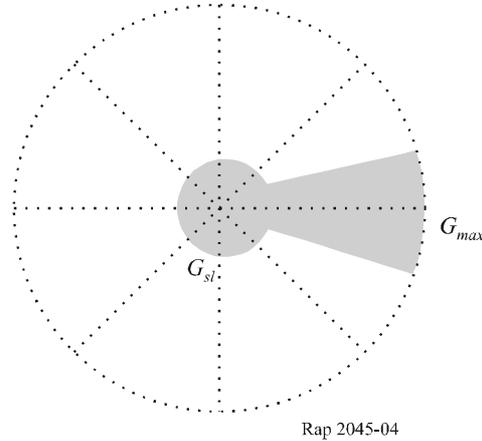
Compte tenu de la distance, l'équation (3) peut aussi être remaniée pour obtenir le rapport ACIR requis.

4 Analyse statistique avec antennes adaptatives

Comme cela a été dit plus haut, pour mettre en évidence les conséquences de l'utilisation d'antennes adaptatives au niveau de la station de base, il faut effectuer une analyse statistique (voir [3] et le Rapport UIT-R M.2030). Cette analyse tiendra compte des variations de l'emplacement des stations de base l'une par rapport à l'autre, de leurs distances de séparation, de la direction variant en fonction du temps et du gain dans le canal adjacent des antennes adaptatives en direction de la station de base brouillée. Une telle analyse permettra de déterminer avec beaucoup plus d'exactitude le pourcentage de temps pendant lequel la station de base brouillée est hors service en raison du brouillage qu'elle subit du système fonctionnant dans la bande adjacente. Ces valeurs permettront alors de déterminer l'isolement supplémentaire nécessaire pour obtenir le niveau acceptable de dégradation, tel qu'il est indiqué dans le Rapport UIT-R M.2030 et la Norme ETSI 25.942 [1].

Un modèle simplifié du diagramme directionnel d'une antenne adaptative est donné à la Fig. 4.

FIGURE 4
Modèle simplifié pour le plan E et pour le plan H du programme directionnel d'une antenne-réseau adaptative



La relation entre le gain maximal d'une antenne-réseau adaptative, G_{max} , et les paramètres de l'antenne-réseau est généralement la suivante:

$$G_{max} = G_{element} + 10 \log_{10} M \quad (4)$$

Dans l'équation (4), M est le nombre d'éléments de l'antenne-réseau, $G_{element}$ est le gain d'un élément du réseau. Dans le cas d'un brouillage par le canal adjacent, en raison du manque de cohérence dans le couplage hors bande faisceau-faisceau, on pourra supposer que le gain supplémentaire de l'antenne-réseau par rapport au gain d'un élément $G_{element}$ sera de $5 \log_{10}(M)$ pour un couplage faisceau principal-faisceau principal pendant toutes les analyses. En raison de l'orientation aléatoire du faisceau de l'antenne-réseau adaptative et de la suppression générale des lobes latéraux et des lobes arrière, les lobes latéraux supérieurs sont un peu plus importants que les autres lobes à moins d'utiliser des techniques très complexes de formation de faisceaux et de grandes antennes-réseaux. Si la station brouilleuse et la station brouillée partagent uniquement le plan horizontal (mais pas le plan vertical), les lobes latéraux des différents éléments de l'antenne-réseau ont une incidence sur la puissance brouilleuse. Dans ce cas, on suppose que le gain de l'antenne-réseau est égal au gain dans les lobes latéraux de chacun des éléments. Si la station brouilleuse et la station brouillée partagent uniquement le plan vertical (mais pas le plan horizontal), le gain de l'antenne-réseau est donné par l'équation (5).

$$G = G_{element} - 10 \log_{10} M \quad (5)$$

Si la station brouilleuse et la station brouillée ne partagent aucun plan, le gain est donné par l'équation (6).

$$G = G_{element} - 20 \log_{10} M \quad (6)$$

Annexe 4

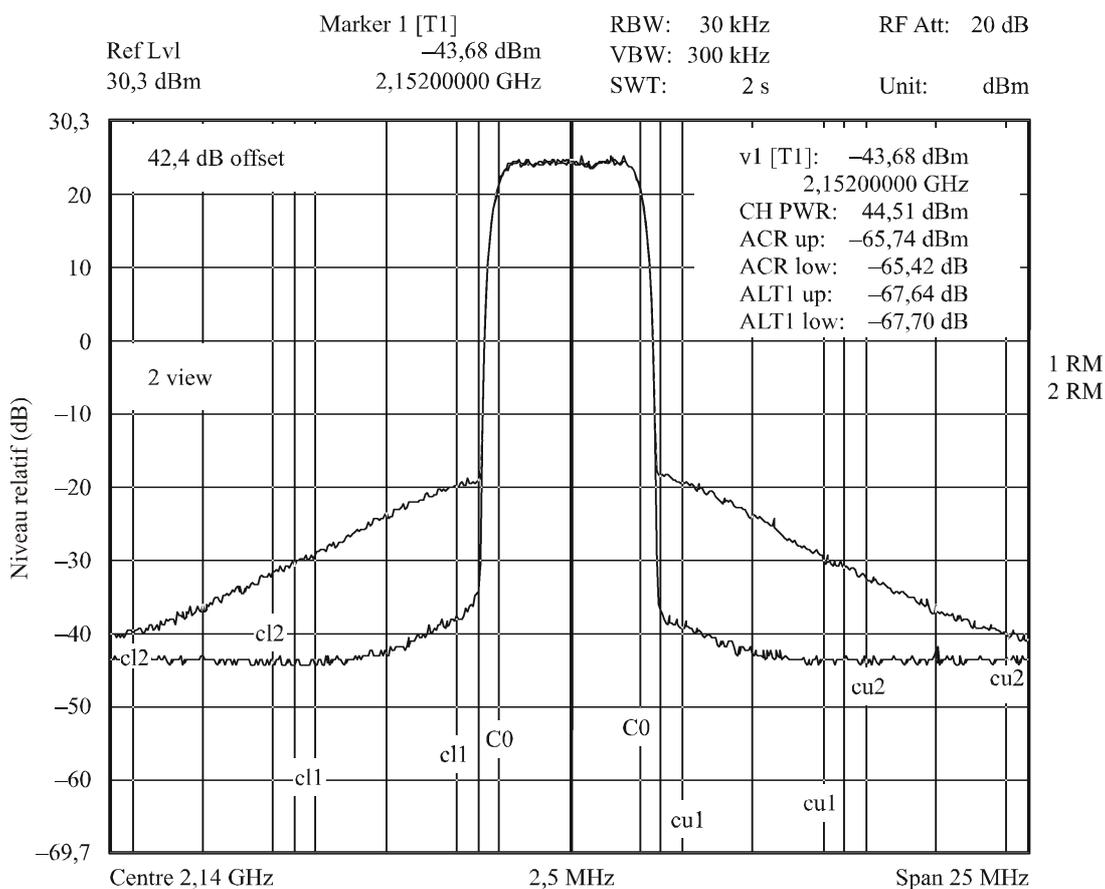
Informations supplémentaires pour la linéarisation des amplificateurs de puissance

Les critères applicables aux émissions d'une station de base universelle ont été élaborés de façon à ce qu'ils puissent être mis en œuvre avec un amplificateur de puissance multiporteuse sans filtre et avec des techniques de linéarisation normalisées. Les versions ultérieures de la norme qui n'ont pas été prises en considération dans le Rapport UIT-R M.2030 ont imposé des contraintes plus strictes pour les stations de base DRT conçues pour être exploitées à proximité de stations de base DRF.

La présente Annexe donne l'exemple (voir la Fig. 5) d'un amplificateur de puissance disponible sur le marché qui permet d'améliorer d'environ 18 dB le rapport ACLR1 de référence (qui passe de -45 dBc à -63 dBc) et d'environ 13 dB le rapport ACLR2 (rapport de fuite de puissance dans le canal adjacent pour le deuxième canal de remplacement) de référence (qui passe de -55 dBc à environ -68 dBc), pour une seule porteuse. Ces résultats peuvent être obtenus sans dégradation importante de l'efficacité de l'amplificateur de puissance.

FIGURE 5

Exemple d'amélioration du rapport ACLR1 et du rapport ACLR2



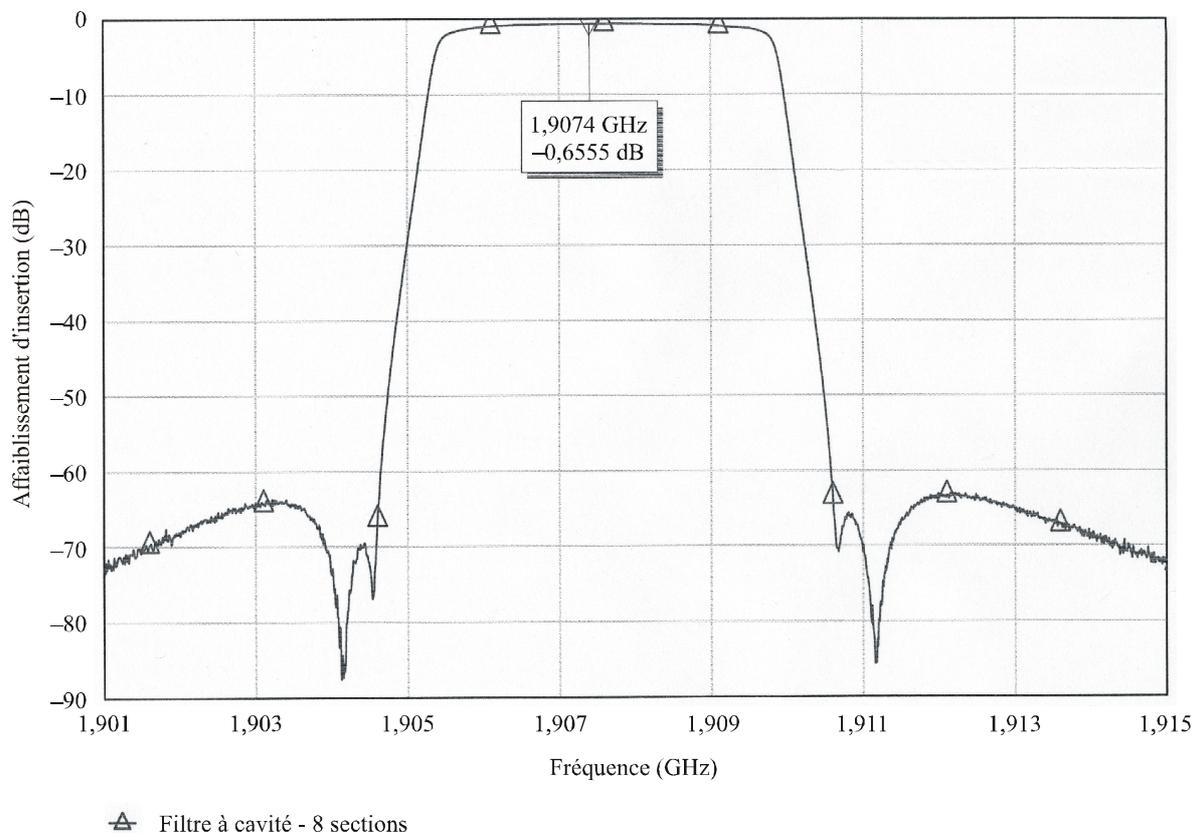
Annexe 5

Informations supplémentaires pour l'amélioration des équipements des stations de base – Utilisation d'un filtre

Pour illustrer les améliorations que peut apporter l'utilisation d'un filtre, on a pris l'exemple d'un filtre monoporteuse à 8 sections disponible sur le marché et fonctionnant à 1,9 GHz. La réponse du filtre fait l'objet de la Fig. 6. Ce filtre a été étalonné pour pouvoir fonctionner à 2,6 GHz, sans optimiser la conception.

Pour calculer l'amélioration au niveau des rayonnements non essentiels, la réponse du filtre est pondérée par le gabarit des émissions de la station de base et par la réponse du filtre en racine carrée de cosinus décalé du récepteur. Pour calculer l'amélioration au niveau de la sélectivité du récepteur, il faut avoir une connaissance exacte du filtre du récepteur qui n'est pas défini dans la norme. On peut toutefois supposer que l'amélioration se situe entre la valeur que l'on obtient si l'on suppose une réponse rectangulaire (uniforme) et celle que l'on obtient avec un filtre en racine carrée de cosinus décalé.

FIGURE 6
Exemple de filtre
Affaiblissement d'insertion et réjections



Annexe 6

Hypothèses et méthode utilisée pour évaluer les conséquences de la commande de puissance

1 Station de base DRT avec picocellules

TABLEAU 1

**Conséquences de la commande de puissance:
hypothèses pour déploiement d'un système DRT avec picocellules**

Dimensions du bâtiment	110 × 110 m
Distance du bâtiment par rapport au système DRF macro	740 m
Nombre de pièces	20 pièces dans 4 rangées
Nombre de picocellules DRT	4
Dimensions des pièces	22 × 25 m
Longueur des piliers de soutien	3 m
Nombre de couloirs	2
Dimensions des couloirs	110 × 5 m
Dimensions du point d'entrée	5 m
Nombre d'étages traversés	Aucun
Affaiblissement dû à la pénétration dans les murs extérieurs	10 dB
Affaiblissement dû à la pénétration dans les murs intérieurs	6,9 dB (de construction lourde), 3,4 dB (de construction légère)
Affaiblissement dû à la pénétration dans les piliers de soutien	6,9 dB
Distribution des utilisateurs	85% dans les bureaux, 15% dans les couloirs

TABLEAU 2

**Conséquences de la commande de puissance:
hypothèses faites pour un déploiement d'un système DRF**

Nombre de cellules	3
Rayon (secteur) de la cellule	500 m
Répartition des utilisateurs	<i>Cellule 1</i> : 20% dans le bâtiment et le reste réparti uniformément sur la surface de l'hexagone <i>Cellules 2 et 3</i> : densité uniforme sur la surface de l'hexagone

TABLEAU 3

**Conséquences de la commande de puissance:
caractéristiques de système pour un système DRT avec picocellules**

Gain de l'antenne de la station de base	4 dBi (équidirective)	
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station de base	2 dB	
Puissance d'émission maximale de la station de base	22 dBm	
Gain d'antenne de la station mobile	0 dBi	
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station mobile	0 dB	
ACS de la station mobile	33 dB	
Facteur de bruit du récepteur de la station mobile	9 dB	
Débit d'utilisateur	12,2 kbit/s (2 codes pour un facteur d'étalement de 16)	
Rapport porteuse/brouillage (C/I) requis par code	-4,3 dB	
Efficacité	95%	
Attribution dynamique des canaux (attribution d'un intervalle de temps à une cellule)	8 intervalles de temps sur la liaison descendante	
Attribution dynamique des canaux (un utilisateur par intervalle de temps)	Codes d'utilisateur de préférence affectés aux canaux subissant le moins de brouillage	
Commande de puissance	Désactivée	Fixe, 13 dBm par utilisateur
	Activée	Variable, comprise entre -8 dBm et 22 dBm

TABLEAU 4

**Conséquences de la commande de puissance:
caractéristiques de système pour un système DRF avec macrocellules**

Gain de l'antenne de la station de base	17 dBi (antenne à trois secteurs normalisée)
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station de base	2 dB
Facteur de bruit du récepteur de la station de base	5 dB
Gain de l'antenne de la station mobile	0 dBi
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station mobile	0 dB
Puissance maximale de l'émetteur de la station mobile	22 dBm
ACLR de la station mobile	33 dB
Débit binaire	12,2 kbit/s
Rapport porteuse/brouillage (C/I) requis	-17,4 dB
Commande de puissance	Activée
Transfert souple	Désactivé

1.1 Plan des simulations

Des simulations ont été faites avec et sans commande de puissance ainsi qu'avec et sans station mobile DRF brouilleuse.

La charge du système DRT est fixée de façon à ce que le taux d'interruption se situe au voisinage de 2% lorsqu'il n'y a pas de brouillage DRF. La charge du système DRF est fixée de façon à ce que le niveau moyen bruit plus brouillage mesuré à la station de base DRF se situe environ 6 dB au-dessus du bruit thermique.

2 Station de base DRT avec macrocellules

TABLEAU 5
Caractéristiques de système et de déploiement pour
un système DRF ou DRT avec macrocellules

	DRF	DRT
Type de bâtiment	Même bâtiment que celui utilisé pour le déploiement DRT avec picocellules	
Distance du bâtiment par rapport à la station de base macro	320 m (centre du bâtiment)	
Déploiement du système DRF et du système DRT	Situés sur le même emplacement	
Distribution des utilisateurs	20% dans le bâtiment	
Gain d'antenne de la station de base	17 dBi (antenne à trois secteurs normalisée)	
Dimensions de la grille	Basée sur un déploiement sectoriel centré sur un coin avec une distance de 600 m entre les sites	
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station de base	2 dB	
Gain de l'antenne de la station mobile	0 dBi	
Affaiblissements de couplage entre les antennes de station mobile	0 dB	
Facteur de bruit du récepteur de la station de base	5 dB	–
Facteur de bruit du récepteur de la station mobile	–	9 dB
Puissance d'émission maximale de la station mobile	22 dBm	–
Puissance d'émission maximale de la station de base	–	39 dBm
ACLR de la station mobile	33 dB	–

TABLEAU 5 (*fin*)

	DRF	DRT
ACS de la station mobile	–	33 dB
Débit binaire	12,2 kbps	64 kbit/s
Rapport porteuse/brouillage (C/I) requis par code	–17,4 dB	–4,8 dB
Nombre d'intervalles	–	8 intervalles de temps en liaison descendante
Attribution dynamique rapide des canaux	–	Activée
Commande de puissance	Activée	

2.1 Plan des simulations

La charge du système DRT est fixée de façon à ce que le taux d'interruption se situe autour de 2% en l'absence de brouillage du système DRF. La charge du système DRF est fixée de façon à ce que le niveau moyen bruit plus brouillage mesuré à la station DRF se situe environ 6 dB au-dessus du bruit thermique.

3 Modèles d'affaiblissement sur le trajet utilisés pour évaluer les conséquences de la commande de puissance

3.1 Environnement d'essai en intérieur

Ce modèle est utilisé pour calculer l'affaiblissement sur le trajet entre:

- une station mobile DRF à l'intérieur de bâtiments et une station mobile DRT (on notera que toutes les stations mobiles DRT sont à l'intérieur de bâtiments);
- une station mobile DRT et une station de base DRT.

En utilisant la formule suivante [2]:

$$L = 37 + 20 \text{Log}_{10}(R) + \sum_i k_{wi} L_{wi} + 18,3 n \left(\frac{n+2}{n+1} - 0,46 \right)$$

où:

R : espacement entre l'émetteur et le récepteur (m)

k_{wi} : nombre de murs de type i traversés

L_{wi} : affaiblissement dû à la pénétration dans les murs de type i (dB) (murs de construction légère et murs de construction lourde)

n : nombre d'étages traversés.

On ajoute au résultat une composante pour les phénomènes d'occultation obéissant à une distribution log normale, avec un écart type de 6 dB.

3.2 Environnement d'essai extérieur vers intérieur

Ce modèle est utilisé pour calculer l'affaiblissement sur le trajet entre une station mobile DRF extérieure et une station mobile DRT.

Le modèle est décrit en [2] et il est repris ici par commodité.

Le nœud intérieur est projeté sur des positions virtuelles sur les côtés du bâtiment. On calcule l'affaiblissement entre le nœud extérieur considéré et chacune des positions virtuelles à l'aide du modèle de propagation pour véhicules. On calcule également l'affaiblissement entre le nœud intérieur et chacune des positions virtuelles comme suit:

$$L_{iv}^j = \sum_i k_{wi} L_{wi} + \alpha R$$

où:

- k_{wi} : nombre de murs de type i traversés
- L_{wi} : affaiblissement dû à la pénétration dans un mur de type i (dB)
- α : affaiblissement de 0,8 dB/m.
- R : espacement entre le nœud intérieur et la position virtuelle (m)

Les affaiblissements en intérieur, les affaiblissements en extérieur et les affaiblissements dus à la pénétration dans les murs extérieurs sont ajoutés comme suit:

$$L^j = L_{ov}^j + L_{ow} + L_{iv}^j$$

où:

- L_{ov}^j : affaiblissement sur le trajet entre le nœud extérieur et la position virtuelle j (dB)
- L_{ow} : affaiblissement dû à la pénétration dans les murs extérieurs du bâtiment (dB)
- L_{iv}^j : affaiblissement sur le trajet entre le nœud intérieur et la position virtuelle j (dB)

Enfin, on choisit l'affaiblissement sur le trajet le plus faible pour toutes les positions virtuelles.

Le modèle de propagation décrit dans le présent paragraphe s'applique dans les deux sens, c'est-à-dire dans le sens intérieur vers extérieur et extérieur vers intérieur. L'affaiblissement dû à la pénétration dans les murs extérieurs du bâtiment est de 10 dB.

On ajoute au résultat une composante pour les phénomènes d'occultation obéissant à une distribution log normale, avec un écart type de 6 dB.

3.3 Environnement d'essai pour véhicules

Ce modèle est utilisé pour calculer l'affaiblissement sur le trajet entre les nœuds suivants:

- une station de base DRF et une station mobile DRF en extérieur;
- une station de base DRF et une station mobile DRF en intérieur, après adjonction d'un affaiblissement de pénétration fixe de 15 dB.

Voir le § B.1.4.1.3 de [8].

On ajoute au résultat une composante pour les phénomènes d'occultation obéissant à une distribution log normale, avec un écart type de 10 dB.

Annexe 7

Transfert intercellulaire

La présente Annexe traite de l'utilisation, de la disponibilité et des conséquences du transfert intercellulaire comme outil de réduction des effets du brouillage entre stations mobiles. Deux types de transfert sont examinés, à savoir le transfert entre canaux et le transfert entre technologies d'accès radioélectrique (DRF ou DRT) (ou en d'autres termes intermode entre DRF et DRT).

Disponibilité: Toutes les stations mobiles peuvent assurer un transfert entre fréquences. La possibilité pour un opérateur de basculer sur une autre porteuse suppose également que cet opérateur puisse avoir plusieurs porteuses à sa disposition. Cette technique sera donc vraisemblablement disponible pour les opérateurs de systèmes DRF (avec généralement deux à trois paires par opérateur) et les opérateurs de systèmes DRT LCR (avec 3 sous-porteuses) et deviendra peut-être disponible pour les opérateurs de systèmes DRT HCR.

En outre, les stations mobiles bimodes (ou qui disposent de deux technologies d'accès radioélectrique) peuvent elles aussi basculer sur l'autre technologie d'accès radioélectrique à condition que l'opérateur dispose des deux technologies d'accès radioélectrique et que le service puisse être fourni sur les deux. Par exemple, il est possible de basculer sur un système GSM/GPRS/EDGE dans le cas de services de transmission de données par paquets à débit moyen et pour une capacité dimensionnée de façon à ce que le temps d'attente reste inchangé. Cette technique convient si le mode principal (par exemple, DRT) présente une faible pénétration sur le marché.

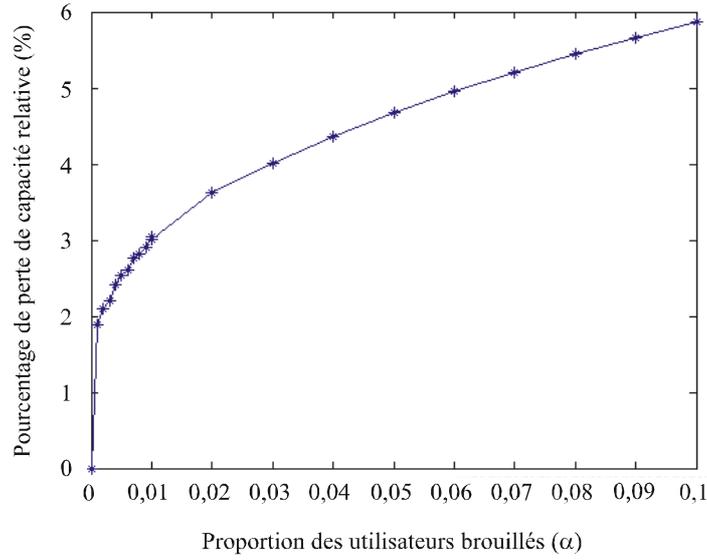
Utilisation: Le transfert s'effectue par commandes de réseau et sera le plus efficace lorsque le brouillage augmente graduellement (puisqu'on se rapproche de la source de brouillage). Il y aura toutefois des moments où le brouillage augmente de façon brusque (par exemple, à la suite de l'activation d'une station mobile brouilleuse) et pendant lesquels il ne sera peut être pas possible de recevoir les commandes du réseau. En pareil cas, la station mobile s'enregistrera de façon indépendante sur une autre porteuse ou une autre technologie d'accès radioélectrique (si elle a été détectée auparavant). Ce processus est appelé nouvelle sélection d'une cellule dans les systèmes DRF ou DRT pour IMT-2000 ou nouvelle tentative dirigée dans le système GSM. Il est bref (de l'ordre de 300 à 400 ms pour les systèmes DRT ou DRF pour IMT-2000) et passera donc inaperçu en mode paquet ou à peine perceptible en mode vocal.

Conséquences pour la capacité: Etant donné qu'il n'est pas possible de rattacher facilement certaines des stations mobiles (par exemple, celles qui subissent un brouillage de la part d'une autre station mobile) à une cellule, on observe des pertes d'efficacité dans le partage des ressources radioélectriques, ce qui réduira quelque peu le nombre d'abonnés pouvant être desservis par le réseau combiné (composé de deux porteuses ou de deux technologies d'accès radioélectrique). Un exemple de cette perte de capacité dans le cas d'un transfert entre fréquences pour un service à commutation de circuits (par exemple, téléphonie) est illustré à la Fig. 7.

Dans le cas d'un transfert entre technologies d'accès radioélectrique, la perte d'efficacité dépend aussi de la pénétration sur le marché du mode principal et du chevauchement des zones de couverture. Un exemple de perte de capacité pour une pénétration de 10% et de 20% et un chevauchement de 80% des zones de couverture est illustré à la Fig. 8. On notera, comme on l'a expliqué auparavant, que les prescriptions en matière de temps de mise en file d'attente pour le système GSM sont plus strictes afin de tenir compte du débit de données moindre.

FIGURE 7

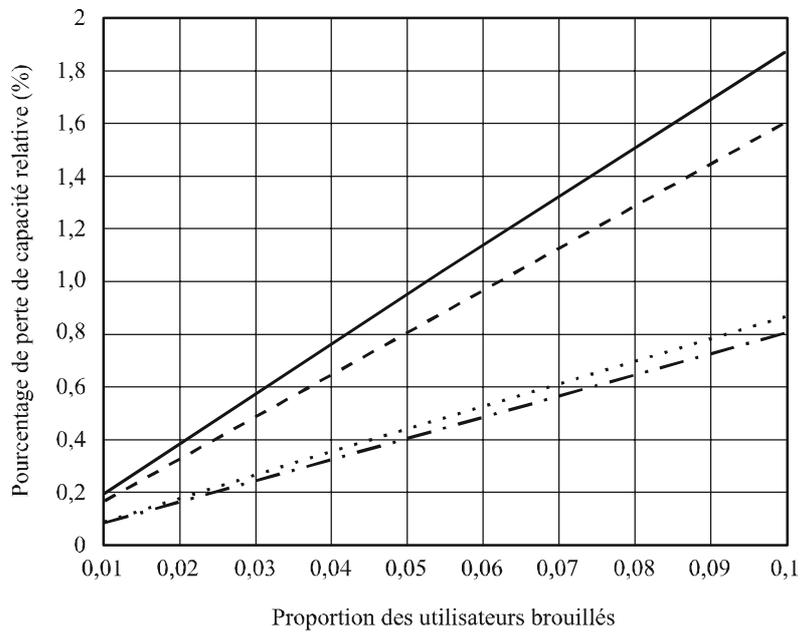
Perte de capacité dans le cas d'un transfert entre fréquences



Rap 2045-07

FIGURE 8

Perte de capacité pour un transfert entre technologies d'accès radioélectrique



- Résultats analytiques: $\theta = 80\%$, $\beta = 20\%$
- - - - $\alpha * \beta * \theta$: $\theta = 80\%$, $\beta = 20\%$
- Résultats analytiques: $\theta = 80\%$, $\beta = 10\%$
- . - . - $\alpha * \beta * \theta$: $\theta = 80\%$, $\beta = 10\%$

α : proportion d'utilisateurs brouillés
 β : pénétration
 θ : chevauchement des zones de couverture

Rap 2045-08

Références générales

- [1] ETSI TR 125 942 V4.0.0 (2001-09), Technical Report. Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); RF System Scenarios.
 - [2] 3GPP Technical Report TR 25-952.
 - [3] UMTS 30-03, v. 3.2.0. Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS.
 - [4] RAPPAPORT, T. S. [1996] *Wireless Communications – Principles and Practice*. Prentice Hall.
 - [5] 3GPP TS 25.104 v3.4.0, UTRA (BS) FDD; radio transmission and reception.
 - [6] 3GPP TS 25.105 v3.4.0, UTRA (BS) TDD; radio transmission and reception.
 - [7] 3GPP TS 25.101 v3.4.0, UE radio transmission and reception (FDD).
 - [8] 3GPP TS 25.102 v3.4.0, UTRA (UE) TDD; radio transmission and reception.
 - [9] LIBERTI AND RAPPAPORT [1999], *Smart Antennas for Wireless Communications*, Wiley.
-